



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 12 672 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 04 B 15/02**  
G 06 F 1/08

②① Aktenzeichen: P 41 12 672.6  
②② Anmeldetag: 18. 4. 91  
④③ Offenlegungstag: 22. 10. 92

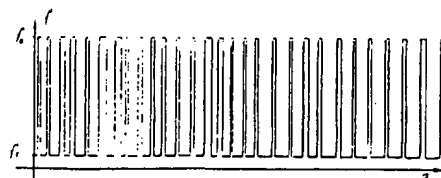
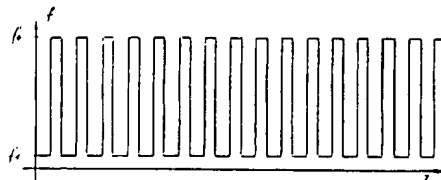
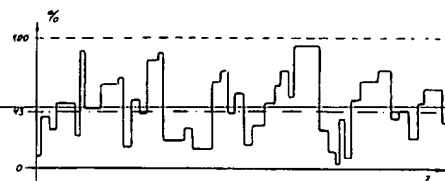
**DE 41 12 672 A 1**

⑦① Anmelder:  
VDO Adolf Schindling AG, 6000 Frankfurt, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Müller, K., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 6000 Frankfurt

⑦② Erfinder:  
Jagdt, Holger, 6236 Eschborn, DE

⑤④ Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors

⑤⑦ Zur Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors, der mit einer bestimmten Arbeitstaktfrequenz angesteuert wird, wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem der Mikroprozessor in Abhängigkeit von der Programmaktivität zeitweise auf eine wesentlich niedrigere Arbeitstaktfrequenz umgeschaltet wird. Auf diese Weise kann man die mittlere Arbeitstaktfrequenz der Programmaktivität pro Zeiteinheit, d. h. der Leistung des Mikroprozessors relativ genau anpassen und dadurch eine entsprechende Herabsetzung des Störpegels erreichen.



**DE 41 12 672 A 1**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors, der mit einer bestimmten Arbeitstaktfrequenz angesteuert wird.

Die Störströme eines Mikroprozessors sind bekanntlich von der Arbeitstaktfrequenz abhängig und können umso niedriger gehalten werden, je geringer die Arbeitstaktfrequenz gewählt wird. Auf der anderen Seite sinkt selbstverständlich die Leistung eines Mikroprozessors mit der Verminderung der Arbeitstaktfrequenz, so daß Störströme im Hinblick auf die Ausnutzung der Arbeitsleistung des Mikroprozessors nicht restlos zu vermeiden sind.

Das Auffinden eines technisch/wirtschaftlichen Kompromisses bei der Auslegung von Mikroprozessoren wird außerdem dadurch erschwert, daß Mikroprozessoren im allgemeinen nicht für einen engen, genau definierten Anwendungszweck konzipiert werden, weil dann nur geringe Stückzahlen benötigt werden und eine wirtschaftliche Fertigung nicht möglich ist. So werden beispielsweise Mikroprozessoren die für die Anzeigegeräte im Armaturenbrett eines Kraftfahrzeugs bestimmt sind, so ausgelegt, daß sie für alle Varianten der vorgesehenen Kraftfahrzeug-Baureihe geeignet sind. Dabei muß man sich nach dem Modell der Baureihe richten, bei dem die höchste Programmaktivität erforderlich ist. Für das Modell der Baureihe mit der niedrigsten Programmaktivität ist der Mikroprozessor dann selbstverständlich mehr oder weniger überdimensioniert, ohne daß es wirtschaftlich vertretbar wäre, für die Baureihe mehr als einen Mikroprozessor zu konzipieren.

Eine weitere wichtige Einflußgröße sind die als Arbeitstaktfrequenzgeber benutzten Oszillatoren, die ebenfalls im Hinblick auf eine wirtschaftliche Großserienfertigung nicht für beliebige Frequenzen ausgelegt werden. Es werden vielmehr für gewisse, häufig benutzte Standardfrequenzen Quarze bzw. Keramikresonatoren angeboten, die so preiswert sind, daß man sich bei der Auslegung der Mikroprozessoren nach solchen Frequenzen richtet.

Zur Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors, der mit einer bestimmten Arbeitstaktfrequenz beaufschlagt wird, kann man so vorgehen, daß man die Störströme bei einem Probelauf mit der vorgesehenen Programmaktivität in der Applikationsschaltung mißt und den Mikroprozessor auf der Platine dann zusätzlich mit entsprechenden Filterbauelementen, wie Drosseln, Kondensatoren usw. beschaltet. Es leuchtet ein, daß dieses Verfahren sehr aufwendig ist und — beispielsweise wegen der Anpassung an die verschiedenen Kraftfahrzeugmodelle einer Baureihe — eine erhebliche Komplizierung bei der Herstellung der Leiterplatten mit sich bringt, wodurch erhebliche Anteile der bei der Standardisierung der Mikroprozessoren erzielten Einsparungen wieder verlorengehen. Hinzu kommt, daß sich die verschiedenen Leiterplatten äußerlich kaum voneinander unterscheiden, so daß leicht Verwechslungen mit erheblichen Folgeschäden auf treten können.

Es besteht somit die Aufgabe, unter Berücksichtigung der beschriebenen Randbedingungen ein Verfahren zur Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors zu entwickeln, das die genannten Nachteile nicht aufweist und das ohne großen Aufwand auf die unterschiedlichen Programmaktivitäten eines Mikroprozessors bestimmter Rechenleistung anwendbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß

der mit einer bestimmten Arbeitstaktfrequenz angesteuerte Mikroprozessor in Abhängigkeit von der Programmaktivität zeitweise auf eine wesentlich niedrigere Arbeitstaktfrequenz umgeschaltet wird. Zweckmäßigerweise geht man so vor, daß die Programmaktivität des Mikroprozessors in einem Testlauf von ausreichender Dauer und unter bestimmungsgemäßer Belastung ermittelt wird, daß daraus die mittlere Programmaktivität pro Zeiteinheit (Leistung) berechnet und durch einen Vergleich mit der Auslegungsleistung ein Maß für das Verhältnis der Einschaltdauer von hoher zu niedriger Arbeitstaktfrequenz gewonnen wird. Es ist aber auch möglich, daß die Programmaktivität des Mikroprozessors unter Betriebsbedingungen laufend durch einen Pausenzähler ermittelt wird, für eine vorgebbare Periode die mittlerer Programmaktivität pro Zeiteinheit (Leistung) berechnet und daraus durch einen Vergleich mit der Auslegungsleistung ein Maß für das Verhältnis der Einschaltdauer von hoher zu niedriger Arbeitstaktfrequenz gewonnen wird. Das Umschalten von hoher auf niedrige Arbeitstaktfrequenz kann dann periodisch erfolgen oder von einem Zufallsgenerator gesteuert werden. Ferner ist es möglich, nur das Umschalten von hoher Arbeitstaktfrequenz auf niedrige Arbeitstaktfrequenz periodisch oder zufällig vorzunehmen und das Umschalten von niedriger auf hohe Arbeitstaktfrequenz von ausgewählten Eingangssignalen des Mikroprozessors zu steuern. Nach einer weiteren Variante soll das Umschalten in beiden Richtungen grundsätzlich periodisch oder zufällig erfolgen, durch ausgewählte Eingangssignale bei Bedarf aber ein Umschalten auf die hohe Arbeitstaktfrequenz und — nach Beendigung der durch das Eingangssignal ausgelöste Programmaktivität — zurück auf periodische oder zufällige Arbeitstaktänderung bewirkt werden.

Andere Ausgestaltungen des Erfindungsgedankens sind in den Ansprüchen 8 bis 14 beschrieben. Weitere Einzelheiten des Erfindungsgedankens werden anhand der Fig. 1 bis 7 näher erläutert.

Fig. 1 zeigt die relative Programmaktivität eines Mikroprozessors über der Zeit,

Fig. 2 zeigt ein periodisches Umschaltmuster,

Fig. 3 zeigt ein zufälliges Umschaltmuster,

Fig. 4 zeigt ein Umschaltmuster mit Hochschalten bei einem ausgewählten Eingangssignal,

Fig. 5 zeigt ein Umschaltmuster mit Hoch- und Runterschalten bei ausgewählten Eingangssignalen,

Fig. 6 zeigt die mittlere Arbeitstaktfrequenz in Abhängigkeit von der relativen Programmaktivität,

Fig. 7 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild für die Durchführung des Verfahrens.

In Fig. 1 ist ein Beispiel für die relative Programmaktivität eines Mikroprozessors über der Zeit aufgetragen, d. h. es ist dargestellt, zu welchem Prozentsatz die mit 100% angenommene Auslegungskapazität des Mikroprozessors während eines beliebigen Zeitintervalls ausgenutzt wird. Sofern dieses Zeitintervall für die gesamte Programmaktivität repräsentativ ist, läßt sich daraus auch leicht die durchschnittliche Leistung  $x$  des Mikroprozessors berechnen oder anderweitig ermitteln. Die im dargestellten Beispiel bei etwa 43% liegt.

In Fig. 2 ist ein periodisches Umschaltmuster für zwei verschiedene Arbeitstaktfrequenzen dargestellt. Wird die hohe bzw. Auslegungsfrequenz mit  $f_0$  und die niedrige Frequenz mit  $f_1$  bezeichnet, dann erhält man aus den folgendem Gleichungen die erforderlichen Einschaltzeiten.

$$x \cdot f_0 = t_0 \cdot f_0 + t_1 \cdot f_1$$

$$\text{mit } t_0 + t_1 = T$$

$$x \cdot f_0 = t_0 \cdot f_0 + (T - t_0) \cdot f_1$$

$$t_1 = T(1 - x) / (1 - f_0/f_1)$$

Wählt man  $f_0/f_1 < 0,01$ , d. h. die niedrigere Arbeitstaktfrequenz kleiner als  $0,01 \cdot f_0$ , dann kann man den Nenner der letzten Gleichung vernachlässigen und erhält:

$$t_1 = T(1 - x) \text{ und } t_0 = T \cdot x$$

In dieser verkürzten Definition ist  $t_1$  stets etwas zu klein,  $t_0$  etwas zu groß, so daß man hinsichtlich der erforderlichen Einschaltzeiten immer auf der sicheren Seite liegt.

Das Umschaltmuster gemäß Fig. 2 ist auf die durchschnittliche Leistung  $x$  des Mikroprozessors nach Fig. 1 abgestimmt, d. h. bei 43% der Gesamtzeit  $T$  ist die hohe Arbeitstaktfrequenz  $f_0$  eingeschaltet und in der restlichen Zeit die niedrige Arbeitstaktfrequenz  $f_1$ . Dabei kann der Zeitmaßstab in weiten Grenzen gewählt werden. Es muß nur gewährleistet sein, daß pro Sekunde mindestens 1000mal auf die niedrige Arbeitstaktfrequenz umgeschaltet wird, damit das Störstromniveau der effektiven mittleren Arbeitstaktfrequenz entspricht.

Dieselben Randbedingungen gelten auch für ein Umschaltmuster gemäß Fig. 3, bei dem das Umschalten von einem Zufallsgenerator gesteuert wird. Durch zufälliges umschalten läßt sich der Störpegel noch besser auf die von der durchschnittlichen Mikroprozessor-Leistung abhängige mittlere Arbeitszeitfrequenz reduzieren als beim periodische Umschaltmuster.

Bestimmte Eingangssignale, beispielsweise die Angaben über die Raddrehzahlen bei ABS-Anlagen, müssen sofort mit hoher Arbeitstaktfrequenz verarbeitet werden. Für solche Fälle ist deswegen vorgesehen, daß zumindest das Umschalten auf die hohe Arbeitstaktfrequenz direkt von ausgewählten Eingangssignalen gesteuert wird. Das sich daraus ergebende Umschaltmuster ist in Fig. 4 dargestellt. Einem periodischen Umschalttakt mit  $x = 0,33$  sind drei Eingangssignale überlagert, die ein sofortiges Umschalten auf hohe Arbeitstaktfrequenz bewirken, wobei im übrigen das periodische Umschaltmuster beibehalten wird. Es leuchtet ein, daß in diesem System keine optimale Absenkung des Störpegels möglich ist, weil die Gesamtzeit mit hoher Arbeitstaktfrequenz zwangsläufig höher liegt als die optimale Zeit  $t_0$ .

Um diesen Nachteil auszugleichen, kann man vorsehen, daß auch das Umschalten auf niedrige Arbeitstaktfrequenz von (anderen) ausgewählten Eingangssignalen gesteuert wird. Dabei ergibt sich ein Umschaltmuster gemäß Fig. 5.

Die gleichen vorgreifenden Umschaltungen sind selbstverständlich auch bei einem zufälligen Umschaltmuster gemäß Fig. 3 möglich. Außerdem ist es möglich, das Umschalten auf die niedrigere Arbeitstaktfrequenz von demselben Ereignis steuern zu lassen, das ein Umschalten auf die hohe Arbeitstaktfrequenz bewirkt hat.

In Fig. 6 ist die mittlere Arbeitstaktfrequenz  $f_m$  bezogen auf die hohe Arbeitstaktfrequenz  $f_0$  über der durchschnittlichen Leistung  $x$  des Mikroprozessors dargestellt. Man sieht, daß bei  $f_1/f_0 = 0,01$  (und kleiner) die mittlere Arbeitstaktfrequenz  $f_m$  in Prozenten praktisch identisch mit der durchschnittlichen Leistung  $x$  des Mi-

kroprozessors ist. Mit anderen Worten, für genügend große Unterschiede zwischen  $f_0$  und  $f_1$  kann man die für den Störpegel maßgebende mittlere Arbeitstaktfrequenz  $f_m$  mit der durchschnittlichen Leistung  $x$  des Mikroprozessors gleichsetzen und die mögliche Störpegelabsenkung direkt abschätzen.

Im Schaltbild gemäß Fig. 7 wird der Mikroprozessor 1 von einem Oszillator 2 über einen Taktbuffer 3 und einen Umschalter 4 mit der jeweiligen Arbeitstaktfrequenz angesteuert. Dem Oszillator 2 sind verschiedene Frequenzteiler 5.1, 5.2, ..., 5.n zugeordnet, die die höchste Arbeitstaktfrequenz von beispielsweise 4,194 MHz ( $= 2^{22}$ ) in verschiedenen vorgebbaren Verhältnissen herabsetzen. Dementsprechend kann der Mikroprozessor 1 wahlweise mit der höchsten Arbeitstaktfrequenz von 4,194 MHz oder mit einer (oder mehreren verschiedenen) wesentlich niedrigeren Arbeitstaktfrequenzen angesteuert werden. Dabei wird das Umschalten von einer Steuerschaltung 6 bewirkt, die für periodisches Umschalten von einem Timer 7 oder für zufälliges Umschalten von einem Zufallsgenerator 8 angesteuert wird.

Die Steuerschaltung 6 kann ferner von einer Interrupt-Logik 9 angesteuert werden, die ihrerseits von ausgewählten Eingangssignalen 14, 15 (z. B. Motordrehzahl, Fahrzeuggeschwindigkeit etc.) aktiviert wird. Die Interrupt-Logik 9 ist außerdem über einen Datenbus und einen IO-Port mit dem Mikroprozessor 1 verbunden.

Zur Schaltung gehört ferner ein IO-Port 11 für sonstige Eingangssignale 16, 17, wie z. B. Blinker, Lampenkontrolle sowie ein IO-Port 13 für eine Anzeige 12, die ebenfalls über einen Datenbus mit dem Mikroprozessor 1 verbunden sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors, der mit einer bestimmten Arbeitstaktfrequenz angesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor in abhängig von der Programmaktivität zeitweise auf eine wesentlich niedrigere Arbeitstaktfrequenz umgeschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Programmaktivität des Mikroprozessors in einem Testlauf von ausreichender Dauer und unter bestimmungsgemäßer Belastung ermittelt, daß daraus die mittlere Programmaktivität pro Zeiteinheit (Leistung) berechnet und durch einen Vergleich mit der Auslegungsleistung ein Maß für das Verhältnis der Einschaltdauer von hoher zu niedriger Arbeitstaktfrequenz gewonnen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Programmaktivität des Mikroprozessors unter Betriebsbedingungen laufend durch einen Pausenzähler ermittelt, die für eine vorgebbare Periode mittlere Programmaktivität pro Zeiteinheit (Leistung) berechnet und daraus durch einen Vergleich mit der Auslegungsleistung ein Maß für das Verhältnis der Einschaltdauer von hoher zu niedriger Arbeitstaktfrequenz gewonnen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Umschalten von hoher Arbeitstaktfrequenz auf niedrige Arbeitstaktfrequenz und umgekehrt periodisch erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Umschalten von hoher Arbeitstaktfrequenz auf niedrigere Arbeitstaktfrequenz und umgekehrt durch einen Zufalls-

generator gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Umschalten von hoher Arbeitstaktfrequenz auf niedrigere Arbeitstaktfrequenz periodisch oder zufällig erfolgt und daß das Umschalten von niedriger auf hohe Arbeitstaktfrequenz von ausgewählten Eingangssignalen des Mikroprozessors gesteuert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem durch ein ausgewählten Eingangssignal erfolgtes Umschalten von niedriger auf hohe Arbeitstaktfrequenz wieder auf periodische bzw. zufällige Arbeitstaktänderung umgeschaltet wird, wenn die durch das ausgewählte Eingangssignal ausgelöste Programmaktivität beendet ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die hohe Arbeitstaktfrequenz von einem Oszillator vorgegeben wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die hohe Arbeitstaktfrequenz um den Faktor  $2^n$ , mit  $n = 1$  bis 10, größer ist als die niedrigere Arbeitstaktfrequenz.

10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die hohe Arbeitstaktfrequenz 4,192 MHz beträgt und daß die niedrige Arbeitstaktfrequenz um den Faktor  $1/256$  kleiner ist.

11. Verfahren zur Herabsetzung der Störströme eines Mikroprozessors, der mit einer bestimmten Arbeitstaktfrequenz angesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessors in Abhängigkeit von der Programmaktivität zeitweise auf unterschiedliche, wesentlich niedrigere Arbeitstaktfrequenzen umgeschaltet wird.

12. Anwendung von einer oder mehrerer der Maßnahmen nach den Ansprüchen 2 bis 9, auf das Verfahren nach Anspruch 11.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die niedrige Arbeitstaktfrequenz durch eine oder mehrere einem Oszillator nachgeschalteten Teilerstufen ohne Treiberfähigkeit erzeugt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß den Teilerstufen eine Bufferstufe nachgeschaltet ist, die in Abhängigkeit von der Programmaktivität auf die verschiedenen Teilerstufen geschaltet wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

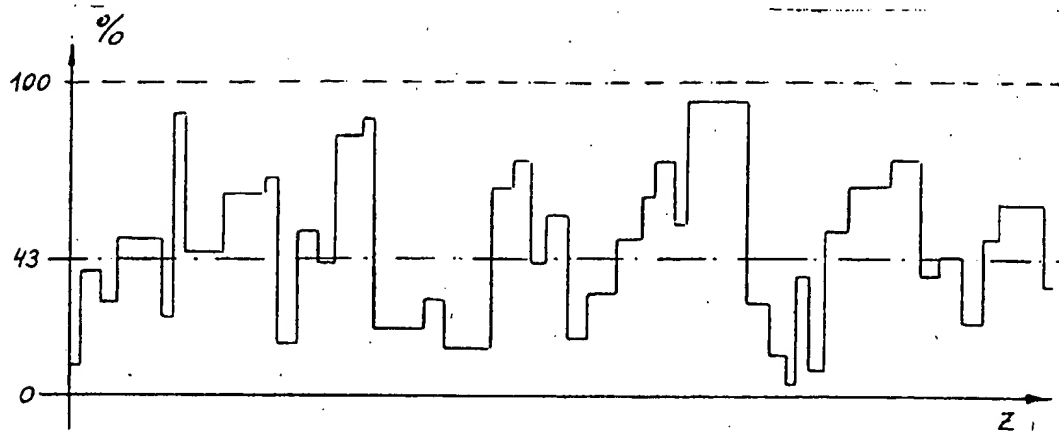


Fig. 1

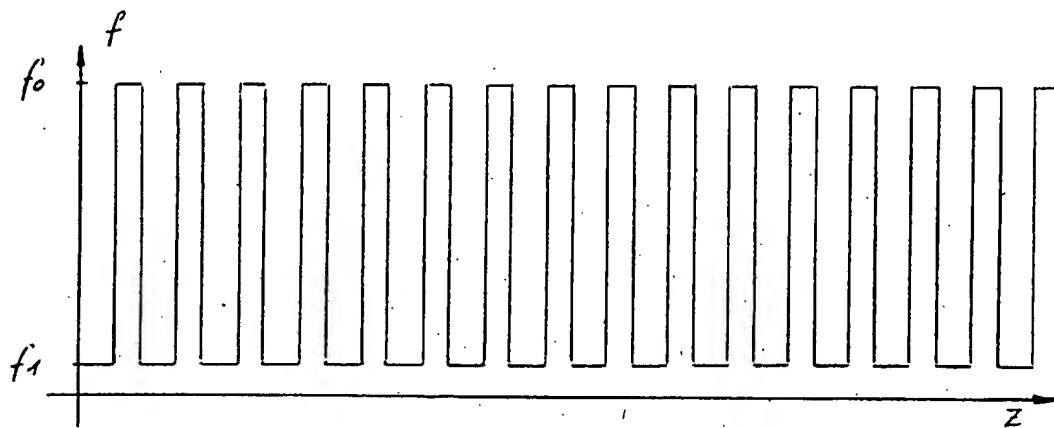


Fig. 2

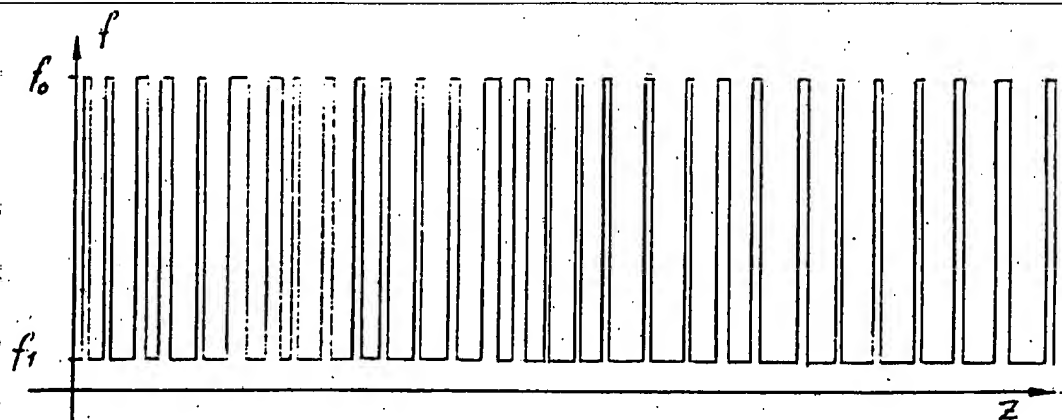


Fig. 3

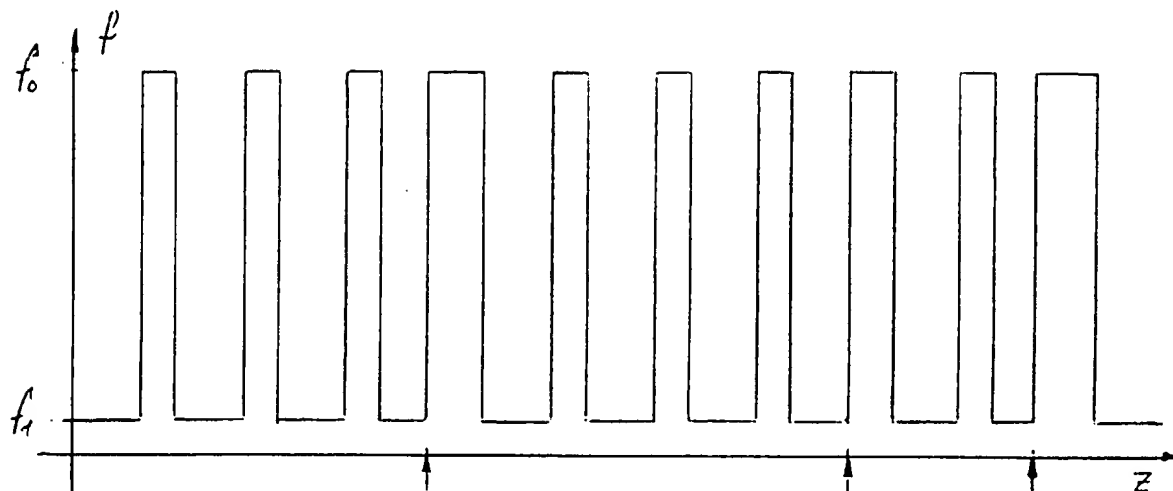


Fig. 4

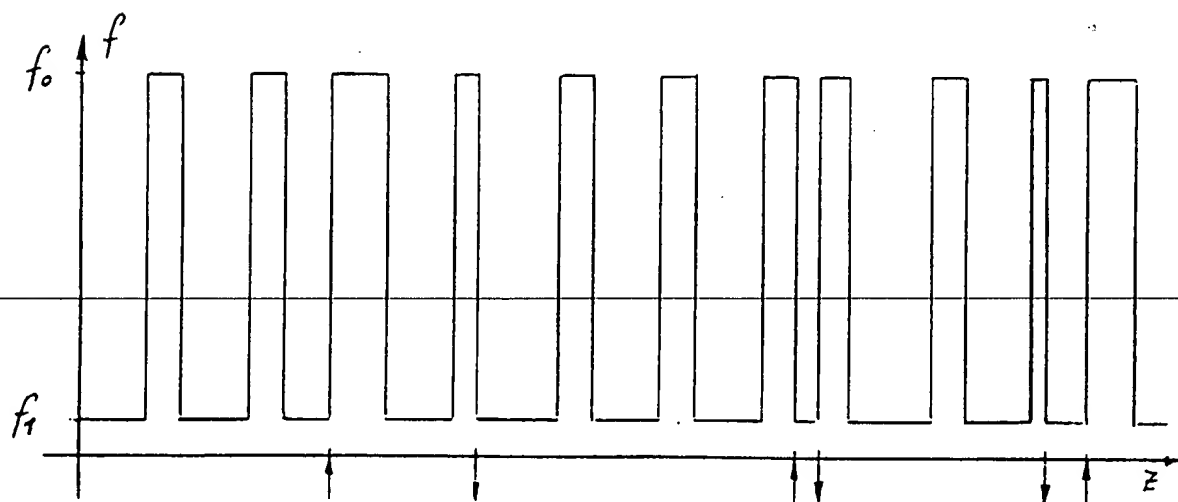


Fig. 5

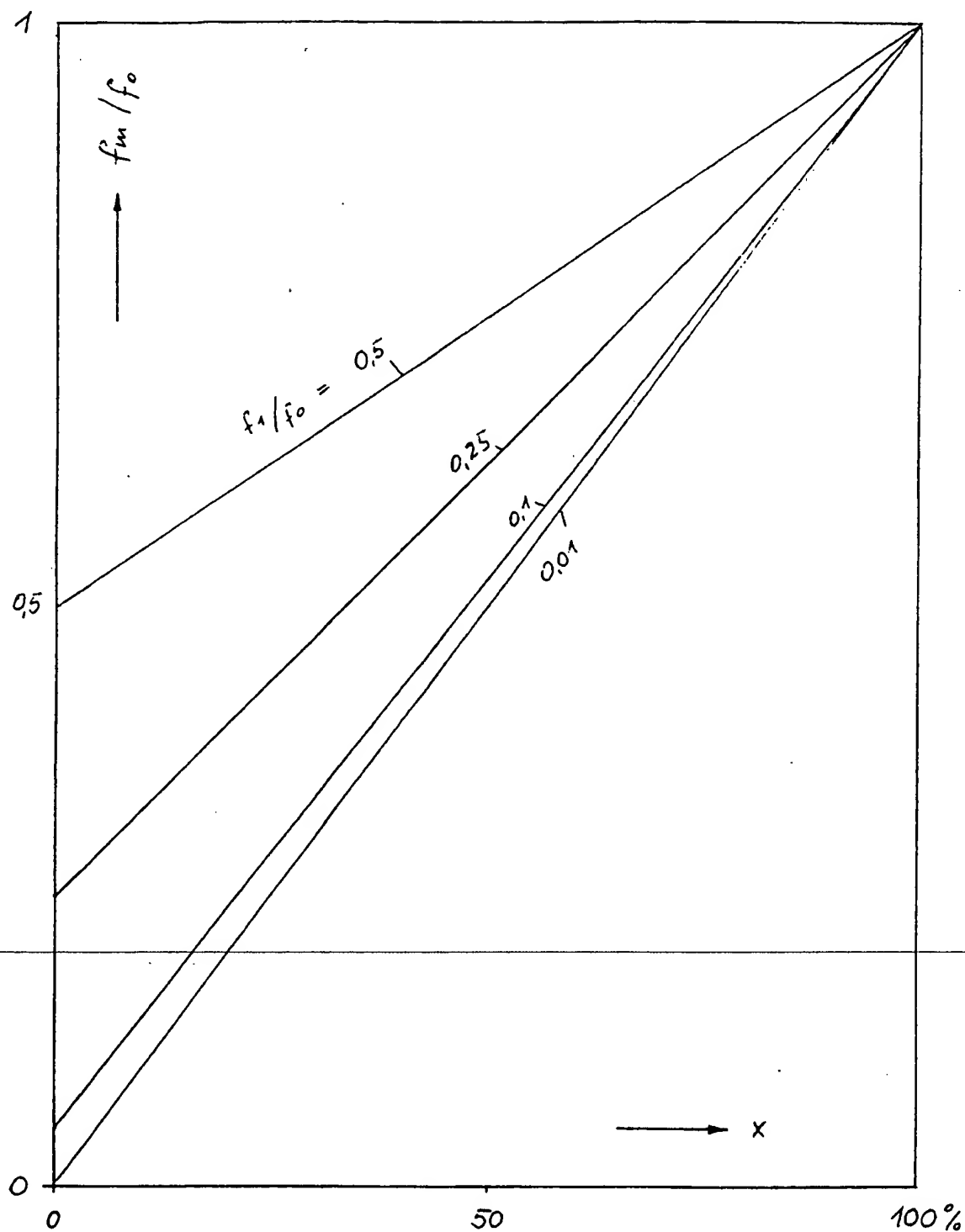


Fig. 6

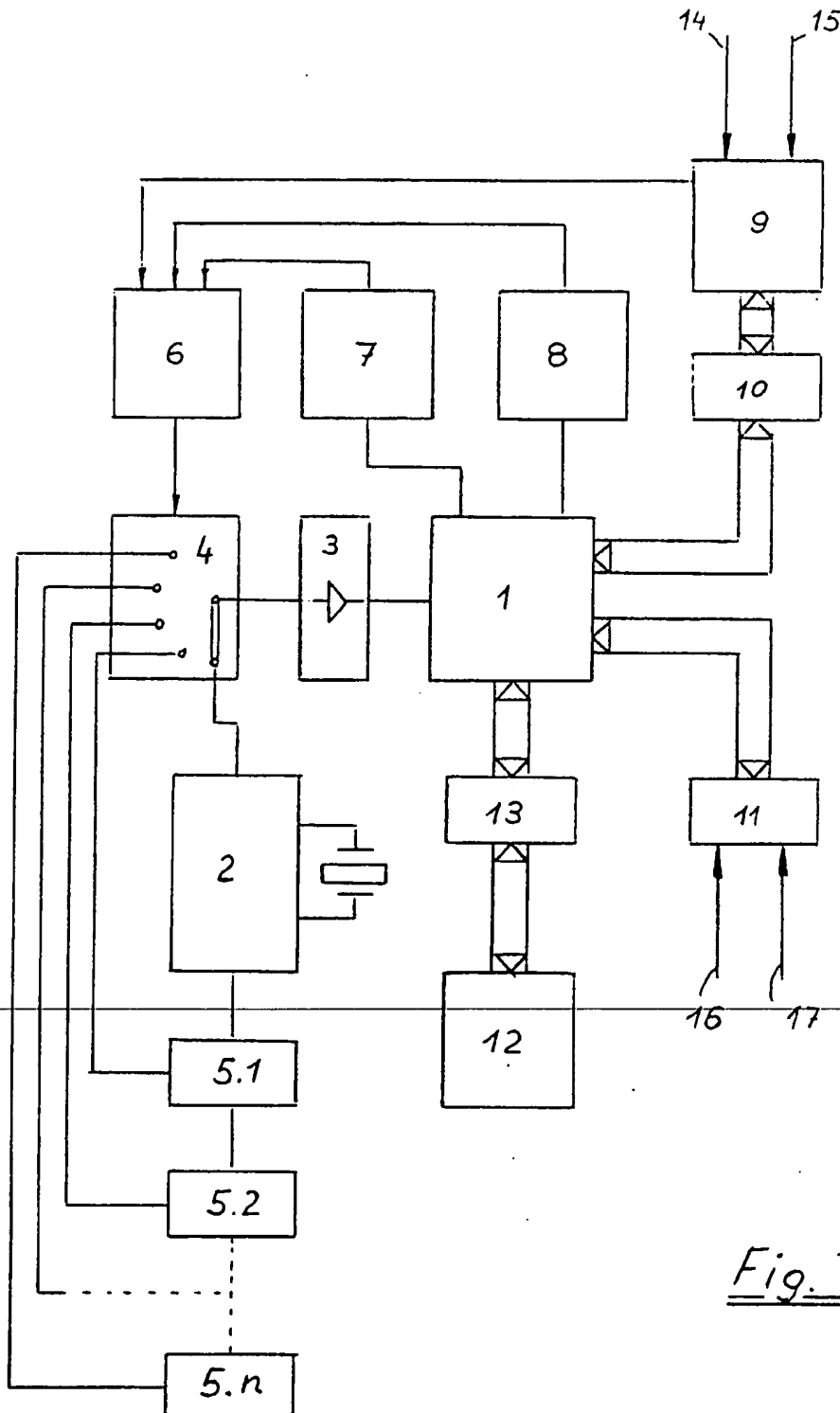


Fig. 7